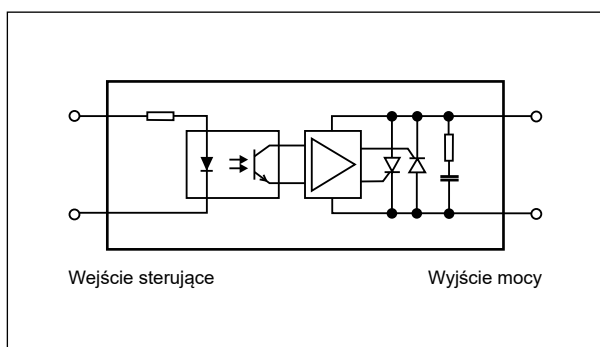


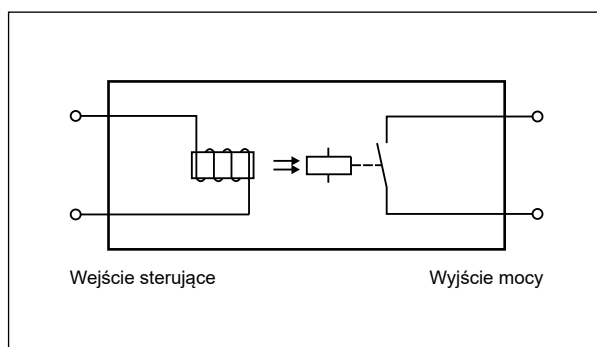
### Przełączniki półprzewodnikowe SSR i elektromagnetyczne EMR

Pod koniec lat 80. ubiegłego wieku w sprzedaży pojawiły się pierwsze przełączniki półprzewodnikowe **SSR** (ang. solid state relays). Już wtedy zadawano sobie pytanie: czy przełączniki półprzewodnikowe zastąpią przełączniki elektromagnetyczne **EMR** (ang. electromechanical relays)? Jednak po tylu latach widać, że obie grupy rozwijają się jedna obok drugiej, wręcz uzupełniają się.

**Solid State Relay** – to statyczny przełącznik półprzewodnikowy, który pozbawiony jest elementów mechanicznych. Elementem łączeniowym w takim przypadku jest struktura półprzewodnikowa, a obwód wejściowy (sterujący) odizolowany jest od obwodu wyjściowego.



Schemat połączeń SSR



Schemat połączeń EMR

### Charakterystyka przełączników SSR i EMR

Układy sterowane przełącznikami półprzewodnikowymi lub elektromagnetycznymi mają swoje zalety oraz wady. Rozwiązania z wykorzystaniem przełączników półprzewodnikowych pozwalają na zwiększenie częstotliwości operacji łączeniowych oraz dają możliwość wyboru

sposobu załączania. Obie grupy przełączników powinny być traktowane jako oddzielne rodzaje urządzeń. Ze względu na konstrukcję przydatna jest lista zalet i ograniczeń, aby lepiej rozumieć i stosować oba typy przełączników.

#### Zalety SSR

- duża trwałość,
- brak łuku na stykach,
- brak zakłóceń elektromechanicznych,
- wysoka odporność na wstrząsy i wibracje,
- wysoka odporność na środowisko agresywne, kurz i chemikalia,
- szybkość działania,
- cicha praca,
- mała moc sygnału sterującego.

#### Ograniczenia SSR

- spadek napięcia na złączach,
- konieczność stosowania radiatora,
- prąd upływu,
- skończona odporność na przepięcia (ograniczenie narostu prądu  $-di/dt$ , ograniczenie narostu napięcia  $dV/dt$ ),
- nie można stosować do małych sygnałów,
- wpływ środowiska elektromagnetycznego na ich działanie.

#### Zalety EMR

- jednakowa zdolność do przełączania obciążeń AC i DC,
- pomijalny spadek napięcia na stykach,
- duża odporność na przepięcia,
- zerowy prąd upływu.

#### Ograniczenia EMR

- zużywanie się styków (mniejsza żywotność),
- odskoki podczas łączenia oraz iskrzenie styków,
- zakłócenia elektromagnetyczne,
- długi czas reakcji,
- niedostateczna jakość przy załączaniu prądów udarowych.

### Zalety przełączników półprzewodnikowych

#### **Duża trwałość**

Brak części ruchomych zapewnia dużą niezawodność i zwiększa wielokrotnie liczbę wykonywanych operacji. Poprawne zastosowanie przełącznika półprzewodnikowego zwiększa kilku-, kilkunastokrotnie liczbę wykonanych operacji.

#### **Brak łuku na stykach**

W przełącznikach półprzewodnikowych nie występuje pojęcie łuku, ponieważ załączenie następuje wewnątrz materiału półprzewodnikowego. Brak wypalania się i zużywania styków – redukuje to emisję zakłóceń o częstotliwościach radiowych oraz nie występuje zjawisko drgania styków.

#### **Brak zakłóceń elektromechanicznych**

Elektroniczne sterowanie eliminuje zakłócenia w sygnale sterującym.

#### **Wysoka odporność na wstrząsy i wibracje**

SSR nie posiadają części ruchomych, są urządzeniami elektronicznymi. W konsekwencji są bardzo odporne na duże wibracje, co dotyczy zarówno amplitudy, jak i częstotliwości.

#### **Wysoka odporność na środowisko agresywne, kurz i chemikalia**

W porównaniu do przełączników elektromechanicznych w minimalnym stopniu są narażone na oddziaływanie środowiska agresywnego lub kurzu, które mogą niszczyć styki.

#### **Szybkość działania**

Przełączniki SSR mogą przełączać do kilkudziesięciu razy w ciągu sekundy, co jest nieosiągalne przy zastosowaniu przełączników elektromagnetycznych.

#### **Cicha praca**

Brak części ruchomych, więc przełącznik półprzewodnikowy nie wydaje odgłosów charakterystycznych dla przełączników elektromagnetycznych czy też styczników podczas załączenia i wyłączenia obwodu.

#### **Mała moc sygnału sterującego**

Przełącznik półprzewodnikowy nie ma cewki. Im większy przełącznik elektromagnetyczny, tym większa cewka, a tym samym większe zapotrzebowanie cewki na prąd.

### SSR czy EMR – który przełącznik wybrać?

Co należy zrobić, aby poprawnie dobrać przełącznik? Czy wybrać przełącznik półprzewodnikowy czy elektromagnetyczny?

Aby rozwinąć to zagadnienie, częściowo pomogą nam opisane wcześniej różnice między przełącznikiem elektromagnetycznym a półprzewodnikowym.

#### **Ile razy przełącznik musi zadziałać?**

Przełączniki półprzewodnikowe charakteryzują się długim czasem bezawaryjnej pracy. Przykładowo: jeśli przełącznik elektromagnetyczny ma żywotność 100 000 łączy, to jego odpowiednik półprzewodnikowy będzie działał 1 000 000 łączy. W tych aplikacjach warto zastosować półprzewodnik.

#### **Gdzie stosujemy przełącznik?**

Odnosząc się do punktu pierwszego, aby zapewnić pewną i długą żywotność urządzenia półprzewodnikowego, należy pamiętać, że przełącznik półprzewodnikowy jest o wiele bardziej narażony na przepięcia, wyładowania elektrostatyczne i łączeniowe. Z kolei budowa przełącznika elektromagnetycznego zapewnia, że są one niewrażliwe na wspomniane zjawiska.

#### **Czy potrzebna jest cicha praca?**

Atutem zastosowania przełącznika półprzewodnikowego jest jego bezgłośna praca.

#### **Jak szybko ma działać przełącznik?**

Przełącznik półprzewodnikowy doskonale nadaje się do aplikacji wymagających szybkiego czasu reakcji. Przełączniki elektromagnetyczne ze względu na swoją budowę (części ruchome) mają czasy zadziałania rzędu 7...20 ms, zaś przełączniki półprzewodnikowe są o rząd szybsze, a dodatkowo o wiele lepiej radzą sobie przy dużej częstotliwości załączania.

#### **Ile mamy miejsca?**

Stosując przełącznik półprzewodnikowy, musimy pamiętać o prawidłowym odprowadzeniu ciepła. Prawie zawsze należy zastosować radiator, a więc wymagane jest miejsce na przełącznik i radiator.



### Sposób załączania

Ze względu na sposób załączania przełączniki półprzewodnikowe można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- przełączniki załączające „w zerze napięcia” (ang. zero-crossing),
- przełączniki załączające „w dowolnej chwili” (ang. random-on, załączanie losowe).

#### Przełączniki załączające „w zerze napięcia”

Załączenie przełącznika następuje w momencie przejścia napięcia przez wartość zero, a jego wyłączenie w momencie, gdy wartość prądu osiągnie zero.

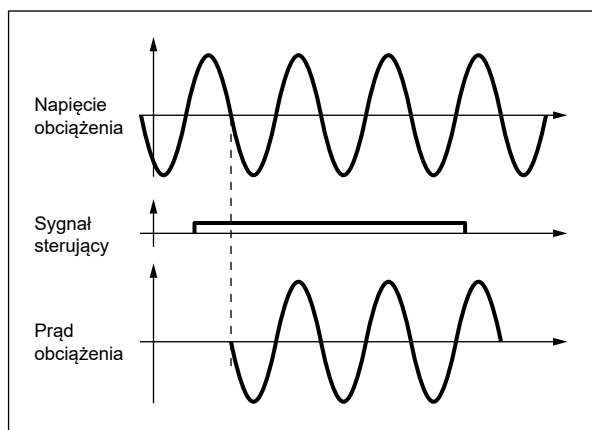
Ten sposób załączania pozwala na ograniczanie prądów udarowych powstających podczas operacji łączeniowych. Przełączniki zalecane są do aplikacji sterujących obciążeniami o charakterze rezystancyjnym, indukcyjnym lub pojemnościowym.

#### Przełączniki załączające „w dowolnej chwili”

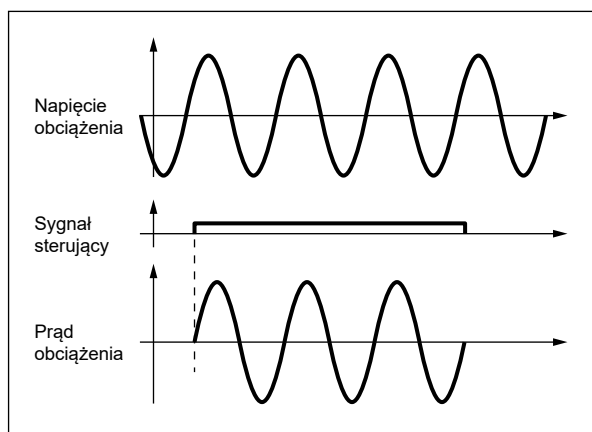
Załączenie przełącznika następuje natychmiast po pojawieniu się sygnału sterującego (podaniu napięcia).

W tym przypadku mamy szybszy czas załączenia niż dla załączania w zerze. Takie sterowanie obciążeniami indukcyjnymi stosowane jest w aplikacjach, w których wymagany jest szybki czas odpowiedzi.

Przełączniki półprzewodnikowe to dobre rozwiązanie jako element pośredniczący między obwodem sterującym a wykonawczym. Przełączniki załączające „w zerze” i załączające „w dowolnej chwili” podlegają podziałowi ze względu na napięcie sterowania AC lub DC. Najczęściej stosowane są przełączniki z wyjściem AC.



Załączanie „w zerze napięcia”



Załączanie „w dowolnej chwili”

### Sygnał sterujący

Typowe napięcia sygnału sterującego dla przełączników jedno- i trójfazowych:

- sterowanie AC: **90...280 V AC**,
- sterowanie DC: **4...32 V DC**.

### Prąd obciążenia

Znamionowy prąd obciążenia rezystancyjnego przełączników:

- jednofazowych:  $I=P/220$  lub  $I=P/380$ ,
- trójfazowych:  $I=P/\sqrt{3}/380$ .

Dla zapewnienia marginesu bezpieczeństwa, biorąc pod uwagę temperaturę otoczenia, emisję ciepła i inne warunki, warto obciążyć przełącznik **40...80%** prądu znamionowego.

### Dodatkowe zabezpieczenia przełącznika

W celu poprawnego zabezpieczenia przełącznika półprzewodnikowego zaleca się podłączyć szeregowo do obwodu obciążenia:

- przełącznik termiczny – zabezpieczenie nadprądowe,
- ultraszybki bezpiecznik o wartości mniejszej od wartości I<sub>t</sub> przełącznika – zabezpieczenie przed zwarcim lub przeciążeniem.

### Prąd upływowy

Podczas wyłączania przełącznika możemy zaobserwować bardzo mały prąd, gdy przyłożymy napięcie do wyjścia SSR, ponieważ taki komponent posiada impedancję. Prąd upływowy spowodowany jest również przez sieć SNUBBER (rezystor i kondensator w szeregu równoległym do wyjścia SSR), która chroni przełącznik przed statycznym i komutacyjnym  $dV/dt$ .

### Dobór radiatora

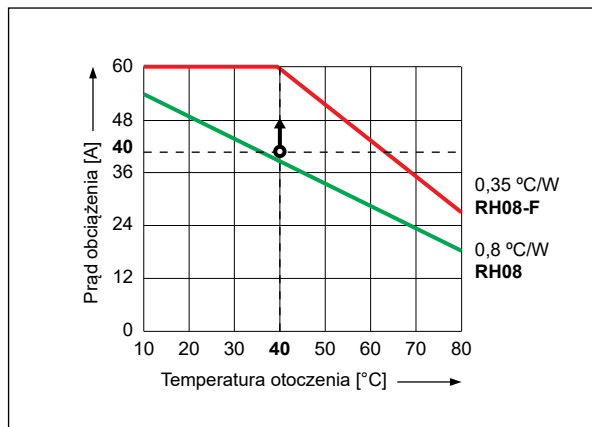
Przełącznik półprzewodnikowy w stanie pracy wydzielą ciepło. Ilość wytwarzanego ciepła jest funkcją prądu obciążenia. **Maksymalna temperatura układu SCR wynosi 125 °C**, po jej przekroczeniu następuje uszkodzenie przełącznika. Dlatego wymagane jest stosowanie radiatorów. Przy pomocy radiatora ciepło wydzielane przez przełącznik rozpraszane jest do otoczenia.

#### Aby dobrać odpowiedni radiator, należy:

- określić prąd obciążenia oraz maksymalną temperaturę otoczenia, w której będzie pracował przełącznik,
- wykorzystać „Charakterystyki termiczne”, zawarte w kartach katalogowych przełączników.

Przykład: dla przełącznika jednofazowego RSR52 60 A, przy obciążeniu 40 A i temperaturze otoczenia 40 °C:

- na osi Y znajdujemy wartość prądu, dla której rysujemy linię prostopadłą do Y,
- na osi X znajdujemy temperaturę otoczenia, dla której rysujemy linię prostopadłą do X,
- wyznaczamy punkt przecięcia obu linii,



Charakterystyka termiczna

- odczytujemy wartość znamionową radiatora – **zawsze wybieramy wartość powyżej wyznaczonego punktu**: potrzebujemy radiatora 0,35 °C/W, ponieważ podany poniżej radiator 0,8 °C/W nie zapewni wystarczającego chłodzenia przełącznika półprzewodnikowego.

### Dobór warystora (MOV)

Przełącznik SSR stosowany jest do różnych zastosowań, a podczas jego pracy może wystąpić przepięcie. Za pomocą warystora (MOV) można wyeliminować napięcie przejściowe na komponentach mocy, co zmniejsza ryzyko uszkodzenia SSR.

#### Aby wybrać odpowiedni warystor, należy określić:

- warunki pracy obwodów, tj. napięcie szczytowe i prąd podczas zdarzenia,
- liczbę przepięć, które musi przetrwać warystor.

Przykład: przełącznik SSR może pracować bez warystora, jeśli wytrzymałość na przepięcia przejściowe wynosi:

- 800 V – przy obciążeniu 220 V AC lub niższym,
- 1 200 V – przy obciążeniu 380 V AC lub niższym.